

# Vergasersynchronisierung

## am BING 64/32 in Verbindung mit ROTAX® 912 UL

Messgerät: **BOEHM SYNCHRONTESTER**

### Praxiserfahrungen

## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung / Haftungsausschluß.....	1
2. Prinzip und Notwendigkeit der Synchronisierung.....	2
3. Stufen, Reihenfolge und Voraussetzungen einer Synchronisierung.....	4
4. Nur wenige Schrauben, an denen gedreht werden kann/muss.....	6
5. Hintergrundinformationen zur Zündung, Drehzahlen und dem Vergaser.....	6
6. Erweiterte Anmerkungen zur Leerlauf-Einstellung.....	9
7. Vibrationsarmer Motorlauf.....	10
8. Vergasersynchronisierung - Vorbereitungen.....	10
8.0. Motorverkleidung entfernen.....	11
8.1. Choke Seilzüge kontrollieren.....	11
8.2. Bestehende Leerlauf-Gemischeinstellung prüfen.....	11
8.3. Werkzeug und Synchrontester bereit legen.....	11
8.4. Flugzeug sicher fixieren, Motor warm laufen lassen.....	12
8.5. Leerlauf-Gemisch prüfen und nur wenn nötig einstellen.....	12
8.6. Leerlauf-Anschlagschrauben kontrollieren.....	13
8.7. Gashebel auf Leerlauf und Seilzüge lockern.....	13
8.8. Die Drosselklappe wird auf Leerlauf gestellt.....	13
8.9. Die Vergaserbrücke (Ausgleichsrohr) schließen.....	13
8.10. Synchrontester an die Ansaugkrümmer anschließen.....	14
8.11. Die Drosseln an den Unterdruckuhren werden leicht zuge dreht.....	14
8.12. Motor starten, Drosseln der Unterdruckuhren.....	15
8.13. Die Unterdrücke beider Uhren gegeneinander vergleichen.....	15
8.14. Das Einstellen der Drosselklappen-Anschlagschrauben.....	15
8.15. Laufruhe mit offener Vergaserbrücke prüfen.....	16
8.16. Entscheidung Leerlauf-Gemischregulierung.....	16
8.17. Seilzüge synchronisieren.....	17
8.18. Motor mit wieder funktionierenden Seilzügen testen.....	17
8.19. Entfernen der Unterdruckuhren.....	17
8.20. Fliegen, Zündkerzencheck und Leerlauf-Gemisch.....	18
9. Vergaser-Synchronisierung - Fazit.....	19

### 1. Einleitung / Haftungsausschluß

Nachfolgende Informationen beziehen sich auf die Vergaser BING 64/32 verbaut am Flugmotor ROTAX 912 UL. Informationen über den Motor und die Vergaser findet man auf der offiziellen ROTAX Internetseite:

<https://www.flyrotax.com/de/p/serviceleistungen/technische-dokumentation> (nur in englisch).

Aufbau und Funktion des Vergasers BING 64/32 findet man unter:

<https://www.bingpower.de/download/datenblaetter/type64.pdf>.

Die darin enthaltene Vorgehensweise zur pneumatischen Vergaser-Synchronisierung ist jedoch veraltet (U-Rohr Manometer).

Anleitung zum Synchrontester findet man unter:

<https://www.boehm-synchrontester.de/anleitungrotax.html>

Zur Überwachung der Motordrehzahl kann man einen preisgünstigen digitalen Drehzahlmesser verwenden, wie er z. B. für Rasenmäher verwendet wird. Er ist

genauer als der ROTAX-Drehzahlmesser.

Nachfolgende Informationen sind private Erfahrungen aus der Praxis des Verfassers, völlig unverbindlich. Expertenmeinungen können davon abweichen. Jegliche Haftung bezüglich der Informationen und deren Anwendung ist ausgeschlossen. Lesen Sie zuerst das komplette Dokument. Sie werden viel Bekanntes finden, möglicherweise aber auch was ihnen fremd ist.

Studieren Sie die ROTAX Dokumentationen (i.B. wenn es ROTAX-spezifische Anforderungen an den Vergaser wie z.B. Düsen oder die Bezeichnung von Teilen geht), informieren Sie sich bei BING Power Systems, lesen Sie Foren und andere private Internetseiten zu diesem Thema, befragen Sie Fachleute. Beachten Sie ggf. die Anweisungen des Flugzeugherstellers.

Bis man das nötige technische Verständnis über den Motor und den Vergaser hat, kann das, je nach Vorkenntnissen, viel Zeit beanspruchen. Bei Störungen des Motors/Vergasers gibt es neben der Synchronisierung eine Reihe von Ursachen dessen Auffinden manchmal nicht einfach ist.

Das Synchronisieren selbst ist technisch/handwerklich nicht die größte Herausforderung. Um jedoch beurteilen zu können ob ein rauher Motorlauf und/oder eine falsche Leerlaufdrehzahl nur am Synchronisieren liegt oder ob noch andere Mängel vorliegen, ist bedeutend anspruchsvoller. Solche Mängel müssten vor dem Synchronisieren behoben worden sein. Es ist ein Zeichen von Verantwortung, wenn man bei Unsicherheit den Fachmann konsultiert.

Flugmotore können ausfallen, i.B. wenn Wartungen wie z.B. diese fehlerhaft ausgeführt werden. Die Folgen können Totalschaden des Flugzeugs bis hin zu Verletzungen oder Tod der Insassen sein. Deshalb erfolgt das Anwenden dieser Informationen immer auf eigene Gefahr und Verantwortung. Für Vereinsflugzeuge oder Haltergemeinschaften gilt, dass nur nachweislich qualifiziertes Personal Wartungsarbeiten durchführen darf.

Einstellarbeiten am laufenden Motor, i.B. wenn alleine gearbeitet wird, sind äußerst leichtfertig. Wenn irgend möglich Motor vorher abstellen, Änderung vornehmen, Motor starten und vom Cockpit aus das Ergebnis beurteilen. Nachfolgender Text berücksichtigt das ab- und anstellen des Motors. Wird zu zweit gearbeitet liegt es in der Verantwortung der Ausführenden davon abzuweichen. Es gilt die Regel: „Immer nur eine Verstellung vornehmen“.

## **2. Prinzip und Notwendigkeit der Synchronisierung**

### **Prinzip der Vergasersynchronisierung:**

Je ein Vergaser versorgen die linken und rechten Zylinder des Motors. Für eine optimale Funktion müssen beide Seiten gleich versorgt werden. D.h. beide Vergaser müssen synchron arbeiten. Dies sowohl im Leerlauf als auch unter Teil- und Vollast. Dazu müssen die von den beiden Vergasern verursachten Effekte und Werte gemessen werden und die Vergaser so justiert werden dass akzeptable Gleichheit unter ihnen herrscht.

### **Notwendigkeit der Vergasersynchronisierung:**

Bei gutem Startverhalten, geringem Kraftstoffverbrauch, runder Motorlauf und Vibrationsarmut gibt es keinen Grund Vergaser nachzustellen. „Never touch a well-running system“. Das gute Laufverhalten kann sich aber im Laufe der Zeit ändern.

Die Vergaser (recht und links) weisen geringste technisch nicht vermeidbare Unterschiede auf (i. B. bei minimal geöffneter Drosselklappe). Darüber hinaus gibt es zellenseitig Unterschiede bei den Seilzügen und deren Anschläge. Im Besonderen im Leerlauf führen geringste Unterschiede von wenigen 1/10 mm bei der Drosselklappe (hier ist sie nahezu geschlossen) bereits zu deutlich unterschiedlicher Unterdruckverteilung und daher zu unterschiedlichen Zylinderfüllungen.

Verschleiß, hauptsächlich durch die Motorvibrationen, welcher sich nicht auf jeden Vergaser gleich einstellt, ist der häufigste Grund die Vergasereinstellungen neu zu justieren.

Während die Drosselklappenstellung durch die Anschlagsschraube einigermaßen gut fixiert werden kann und die Leerlauf-Gemischregulierschraube sich kaum von selbst verstellt, so können doch die Seilzüge die „Endposition“ der Drosselklappe beeinflussen. Den Seilzügen ist daher ebenfalls Aufmerksamkeit zu schenken.

Das Laufverhalten eines Motors wird von einer Reihe von Einflüssen beeinträchtigt. Weil die Bedingungen (Luftzusammensetzung, Temperatur, Drehzahl usw.) nicht immer gleich sind, kann man auch keine absolute Synchronität, und schon gar nicht unter allen Bedingungen, erreichen. Der Leerlauf sollte daher bei warmen Motor beurteilt werden und beim Einstellen der Synchronität weniger auf die 2.Stelle des Messergebnisses achten als vielmehr auf Auge und Ohr.

Das Laufverhalten, i.B. nach dem Kaltstart, ist nicht immer gleich. Im besonderen bei sehr verschiedenen Umweltbedingungen wie Temperatur, Luftfeuchte und Luftdruck. Würde man beim Motorstart, bei unbefriedigendem Leerlauf, gleich an eine Vergasersynchronisierung denken, dann wird man kein Ende finden. Deshalb den Leerlauf bei warmen Motor beurteilen. Bestätigt sich schlechter Leerlauf (warmer Motor) auch bei folgenden Flügen dann ist eine Kontrolle der Vergaser fällig.

Der Leerlauf verdient besondere Beachtung weil für ihn ein eigenes Düsensystem im Vergaser arbeitet und vor allem weil, wie später beschrieben, ein Flugmotor unter keinen Umständen im Leerlauf von alleine abstellen darf.

### **Drehzahl beim Synchronisieren:**

Unterhalb von 1400 U/min (Motordrehzahl nicht Propellerdrehzahl) lässt sich kein stabiler Leerlauf einstellen, es besteht Gefahr dass der Motor abstellt, was im Flug verheerende Folgen hat. Darüber hinaus läuft der Motor dann so unrund, dass er selbst aber vor allem das Getriebe Schaden nimmt.

Die Einstellung des Leerlaufs ist die heikelste und aufwendigste Art der Synchronisierung weil der ROTAX 912 im Leerlauf am ungünstigsten läuft (zu viel Frühzündung). Darüber hinaus ist die Drosselklappe im Leerlauf nur minimal

geöffnet, kleinste Unterschiede zwischen den Vergasern wirken sich sehr deutlich aus und zuletzt ist der Einfluss der Leerlauf-Gemischregulierschraube am größten.

Es gibt Methoden der Synchronisierung, die bei einer Drehzahl von ca. 2500 U/min ansetzen (unterer Teillastbetrieb) und zuerst die Seilzüge der Vergaser zum Einstellen nutzen, in der Hoffnung, dass die Drosselklappen-Anschlagschrauben und die Leerlauf-Gemischregulierschrauben nicht verstellt werden müssen. Diese Methode kann unter Umständen schneller und einfacher sein wenn es nur an den Seilzügen liegt.

### 3. Stufen, Reihenfolge und Voraussetzungen einer Synchronisierung

Stufe 1: **mechanische Synchronisierung** (z.B. das Einstellen von Anschlagschrauben mittels Fühlerlehre/Schraubenumdrehungen usw. auf festgelegte Ausgangspositionen). Das betrifft die Grundeinstellung von Drosselklappe, Seilzüge und Leerlauf-Gemischregulierschraube. Diese werden in der Regel am stehenden Motor durchgeführt.

Stufe 2: **pneumatische Synchronisierung** (die Grundeinstellungen werden verändert/nachjustiert damit die beim Motorlauf durch Messungen festgestellten pneumatischen Unterschiede weitgehend eliminiert werden). Zur Messung werden z.B. Unterdruckuhren verwendet. Die Messungen finden am laufenden Motor statt. Es können die daraus zu schließende Veränderungen noch bei laufendem Motor durchgeführt werden oder wie hier empfohlen aus Sicherheitsgründen bei abgestelltem Motor (wenn „Zeit ist Geld“ keine Rolle spielt und "sicher ist sicher" gilt).

Stufe 3: **Leerlauf-Gemischsynchronisierung** (das Leerlauf-Gemisch kann, wenn Genauigkeit gefordert ist, nur aufwendig durch Messungen der Abgase beurteilt werden). Ziel ist, über das nachjustieren der Leerlauf-Gemischregulierschrauben, das Leerlauf-Gemisch so einzustellen, dass im Leerlauf eine optimale Verbrennung und Laufruhe erreicht wird.

Für die Stufe 3 wird eine einfache Methode vorgeschlagen bei der die Kerzenbilder (Farben) bestimmter Zylinder nach einem längeren Leerlauf (langer Endanflug) verglichen werden. Ähnliche Kerzenfarben implizieren ähnliche Einstellungen der entsprechenden Leerlauf-Gemischregulierschrauben.

Eine andere von ROTAX vorgeschlagene Methode ist das verstellen der Leerlauf-Gemischregulierschrauben bis diese ihr Optimum erreicht haben d.h. bis bei einer bestimmten Stellung der Schraube die Leerlauf-Drehzahl nicht mehr gesteigert werden kann. Da es hier um feinste und kaum messbare Drehzahlveränderungen geht, verwenden Experten zusätzliche digitale Drehzahlmesser die etwas genauer sind.

Alle Einstellmöglichkeiten beeinflussen sich gegenseitig sodass Verbesserungen die gewünschte Drehzahl verändert, die dann wieder nachjustieren ist. Um auf kürzeste Weise zum Ziel zu kommen (gewünschte Drehzahl, runder Motorlauf und optimales Leerlauf-Gemisch) empfiehlt es sich, der Reihe nach vorzugehen:

### **Reihenfolge beim Synchronisieren:**

#### **1. Kontrolle des Leerlauf-Gemischs** durch vereinfachte Methode

(Zündkerzenfarbe) um sicher zu stellen dass überhaupt Synchronisiert werden kann. Ein total falsch eingestelltes Leerlaufgemisch (i.B. zu mager) macht eine Synchronisierung nahezu unmöglich. Sind die Zündkerzenfarben einigermaßen ähnlich dann vorerst am Leerlauf-Gemisch nichts verstellen.

**2. Kontrolle der mechanischen Synchronisierung.** Nur bei deutlichen Abweichungen wie z.B. bei einer Vergaserüberholung Einstellungen vornehmen weil Feineinstellungen sowieso bei der pneumatischen Synchronisierung gemacht werden. Musste vorher an den Drosselklappen-Anschlagschrauben, dem Seilzug und der Leerlauf-Gemischregulierschraube nichts neu eingestellt werden oder war daran nichts zu reparieren dann vorerst nicht verstellen. D.h. es besteht keine Notwendigkeit diese auf Grundeinstellung zu bringen. Weiter zur pneumatischen Synchronisierung.

**3. Durchführen der pneumatischen Synchronisierung.** Üblicherweise werden dabei Feineinstellungen der Mechanik (Drosselklappenanschlag, Seilzugeinstellung) vorgenommen bis im Leerlauf weitmögliche pneumatische Gleichheit der beiden Vergasern vorliegt.

**4. Feinjustierung/Optimierung des Leerlauf-Gemisches.** Nach erfolgter pneumatischer Synchronisierung sollte das Leerlauf-Gemisch zumindest überprüft werden und ggf. nachjustiert werden. Schließlich wurde zu Beginn der Synchronisierung ein passendes Leerlauf-Gemisch ja nur angenommen. Ergeben Nachjustierungen eine relevante Veränderung des Leerlaufs sollte die pneumatische Synchronisierung wiederholt werden.

### **Voraussetzungen:**

Für die Vergaser selbst wird vorausgesetzt, dass die Nadeldüsen in beiden Vergasern auf dieselbe Höhe eingestellt sind (Kerbe 3) und nicht ausgeschlagen/verschlissen sind, die Schwimmer haben auf beiden Seiten dasselbe Schwimmverhalten (lt. ROTAX Einzelgewicht eines neuen Schwimmers ca. 2,7 bis max. 3,0 g - vom Autor gemessenes Gewicht bei neuen Schwimmern nach 50h: 2,1g) und der Pegelstand in der Schwimmerkammer ist durch das Zusammenspiel von Schwimmern und Ventil stabil. Die Schwimmerkammer-Belüftungen enden an einem druckneutralen Ort. Sämtliche Düsen müssen frei sein, i.B. des Leerlaufsystems, es dürfen keine Risse in Flansche / Schläuche / Membranen sein, es darf keine Falschluff vor, in und nach dem Vergaser geben, nichts darf irgendwie kaputt oder übermäßig verschlissen sein. Der Choke muss komplett geschlossen sein. Die Leerlauf-Gemischregulierung soll einigermaßen richtig eingestellt sein,

Die Benzinzufuhr muss gesichert sein. Verunreinigungen im Benzin dürfen nicht vorhanden sein (z.B. Filter Mahle-Knecht KL145 oder gleichwertig). Es darf kein Wasser im Benzin sein (Drainen und/oder Wasserabscheider).

Alle anderen Einflussgrößen sind soweit wie möglich synchronisiert bzw. identisch. Beide Vergaser sollten ihre Ansaugluft identisch erhalten (z. B. Luftsammler oder Airbox). Die Schwimmerkammer-Belüftung der Vergaser sollte den Außendruck vom identischen Ort abnehmen (ggf. mit Y-Stück zusammenführen - Belüftungsöffnung an einen druckneutralen Ort verlegen oder wenn eine Airbox verbaut ist diese dort anschließen). Die Schwimmerkammer-Belüftung hat in allen

Laststufen einen wesentlichen Einfluss auf die Benzinmenge die dem Luftstrom beigemischt wird. Leichter Unterdruck in der Schwimmerkammer bewirkt eine Gemischverarmung.

Und natürlich muß der Motor an sich in Ordnung sein, i. B. die Zündanlage.

#### **4. Nur wenige Schrauben, an denen gedreht werden kann/muss**

Eigentlich sind es nur jeweils 3 Schrauben pro Vergaser an denen wirklich gedreht werden muss und kann - eine einfache Sache wenn man weiß wie und warum. Die Drosselklappen-Anschlagschraube, die Seilzug-Fixierschrauben und die Leerlauf-Gemischregulierschraube. Wenn hier das Synchronisieren ausführlich geschrieben wird, dann nicht weil es kompliziert ist, sondern weil sich die Schrauben gegenseitig beeinflussen und das Warum transportiert werden soll.

#### **5. Hintergrundinformationen zur Zündung, Drehzahlen und dem Vergaser**

##### **Der 912'er ist als Stationärmotor ausgelegt.**

D. h. dass es nur 2 feste Zündzeitpunkte gibt. Durch das Softstartmodul der elektronischen Zündung gibt es für den Anlassvorgang eine automatische zeitgesteuerte Umschaltung (3-8 sec.). Ab ca. 650 bis 1000 U/min wird zeitgesteuert von 3° n.o.T (neueres Softstartmodul) auf 26° v.o.T. umgeschaltet.

##### **912'er Drehzahlbereich unter Last**

Als Stationärmotor sollte der 912'er deshalb hauptsächlich im höheren Drehzahlbereich (4800 + U/min bei ca. 75% bis 5500 U/min bei 100%) betrieben werden, weil nur für diesen Betriebszustand der Zündzeitpunkt von 26° v.o.T eingestellt ist. Bei 100%-Last (Vollgas im Flug) sollte die Drehzahl um 5200 U/min bis 5500 U/min liegen. Dies erreicht man durch die Abstimmung der Propellersteigung bzw. Wahl des richtigen Propellers bezogen auf die Gesamtauslegung des Fluggeräts.

Werden bei Vollast diese Drehzahlen (mind. 5200) nicht erreicht, belastet das zu sehr die zusammengeschraubten Kurbelgehäusehälften. Sie reiben sich dann an den Trennflächen (im Microbereich) und verengen dadurch die Kurbelwellenlager was zum späteren klemmen der Kurbelwelle führt. Das traf vor allem auf die Kurbelwellengehäuse der ersten Generationen zu. Die optimalen Drehzahlen sind Anlass zu Diskussionen weil höhere Drehzahlen bei geringerer Motorbelastung nur mit Verstellpropeller erreicht werden können. Andererseits hat der Festpropeller auch seine Vorteile. Festpropeller arbeiten mit etwas höherer Steigung, im Vollastbereich sollten aber auch beim Festpropeller 5200 U/min erreicht werden.

##### **Start und Drehzahl beim Leerlauf:**

Beim Kalt-Startvorgang sorgt eine vom Piloten zu bedienende Choke-Einrichtung (Drosselklappe dabei in Leerlaufstellung) für mehr Benzin. Sobald der Motor angesprungen ist, muss der Choke langsam nachgelassen werden und nach einigen Sekunden schaltet die elektronische Zündung von Start (3° n.o.T) auf Normalbetrieb (26° v.o.T) was eine deutliche Drehzahlerhöhung bewirkt. Die Choke-Einrichtung ist kein Teil der Vergaser-Synchronisierung, sondern ein separates System im Vergaser.

Der Leerlauf wird u.A. durch eine gedrosselte Luftmenge (Drosselklappe ist nicht

ganz geschlossen) bestimmt. Die Leerlauf-Position der Drosselklappe wird durch eine Anschlagschraube fixiert. Für die Regulierung des Leerlauf-Gemisches (Luft ohne Benzin treibt keinen Motor an) gibt es im Vergaser ein eigenes Düsensystem mit einer Leerlauf-Gemischregulierschraube.

Für einen runden Leerlauf (ca. 1700 U/min) ist neben der Drosselklappenstellung (bestimmt durch die Drosselklappen-Anschlagschraube und der entsprechenden Einstellung des Seilzugs) auch noch die Abstimmung des Leerlaufgemischs nötig.

Damit mit der Synchronisierung (Unterdruck im Ansaugkrümmer) begonnen werden kann, muss zunächst die Leerlauf-Gemischregulierschraube soweit eingestellt sein, dass im Leerlauf überhaupt ein akzeptables Gemisch erreicht wird. Siehe dazu 8.2. und 8.5.

#### **weitere Vergaserdetails:**

Der ROTAX 912UL ist mit 2 BING 64/32 Gleichdruckvergaser ausgestattet. Diese Vergaser findet man auch bei einigen Motorrädern wie z.B. BMW's älterer Bauart. Ein Vergaser für die rechten zwei Zylinder und ein Vergaser für die linken zwei Zylinder. Rechts und links wird vom Pilotensitz in Flugrichtung aus gesehen. Der 912'er UL hat keinen Turbolader und keine elektronische Einspritzung. Die Zündung erfolgt redundant elektronisch (2 Zündmodule und je 2 Zündkerzen pro Zylinder). Das Vergasersystem ist durch die Aufteilung in linke und rechte Zylinder jedoch nicht redundant.

Der rechte Vergaser bedient die rechten Zylinder Nr. 1 (vorne Propellerseite) und Nr. 3 (hinten Brandschottseite) und der linke Vergaser die linken Zylinder Nr. 2 (vorne Propellerseite) und Nr. 4 (hinten Brandschottseite). Die Nummerierung der Zylinder wird auch für die Zündreihenfolge verwendet (Zündfolge 1-4-2-3).

Wegen unvermeidlicher kleiner Ungleichheiten der beiden Vergaser gibt es eine Verbindung der beiden Ansaugkrümmer (zwischen Vergaser und Motor) um diese etwas zu kompensieren. Diese Verbindung wird nachfolgend vereinfacht „Vergaserbrücke“ genannt. Es ist das Ausgleichsrohr an dessen Enden sich Resonatorschläuche befinden (ROTAX Bezeichnung). Das Ausgleichsrohr hat einen Anschluss für ein eventuelles Messgerät welches den Unterdruck in den Ansaugrohren misst (MAP).

Die zwei BING Vergaser werden über Seilzüge angesteuert. Das Ansaugen\* von Luft-Benzingemisch wird durch die Zylinder (Ansaugtakt = Abwärtsbewegung) „zwangsweise“ erzeugt. Da der Motor also durch seine abwärts gerichtete Zylinderbewegung die Luft ansaugt und der Unterdruck im Ansaugkrümmer gemessen wird (also zwischen Motor und Vergaser) führt eine fast geschlossene Drosselklappe bei drehendem Motor zu einem hohen Unterdruck bzw. zu einem niedrigen MAP-Wert (MAP = Manifold pressure bzw. Ladedruck).

\*Genaugenommen erzeugt der abwärtslaufende Kolben einen Raum, in die die Umgebungsluft (Lufruck) nachströmt. Dieses Verständnis ist wichtig wenn man das Gesamtsystem beginnend mit dem Luftfilter betrachtet. Ebenso ist von Bedeutung, dass es sich nicht um einen gleichmäßigen Luftstrom handelt sondern um ein Pulsieren, welches Resonanzen erzeugen kann. Das Pulsieren beim Ansaugen kann man deutlich an den zitternden Messuhr - Zeigern erkennen. Ohne Dämpfung der empfindlichen Messuhren können diese sogar beschädigt werden. Pulsieren und Resonanzen findet man auch auf der Auslassseite des

Motors vor.

Im Last-Betrieb wird durch die Drosselklappe (Gashebel des Piloten) die Motorleistung geregelt. Für die benötigte Benzinmenge im Lastzustand ist das Düsensystem Hauptdüse / Düsenstock / Nadeldüse / Düsennadel verantwortlich. Die Düsennadel kann bei einer Vergaser - Überholung in 4 Höhenstellungen eingehängt werden. Grundstellung für vorliegenden Motor ist Kerbe 3 von oben gezählt. Kerbe 1 als oberste Kerbe hängt die Düsennadel am tiefsten in die Düsenbohrung (Nadeldüse) und würde somit das Gemisch extrem verarmen. Das wäre mit Sicherheit für einen ROTAX Flugmotor falsch.

Ab Teillast bestimmt die Stellung der Düsennadel (in welcher Kerbe eingehängt und inwieweit sie vom Vergaserkolben angehoben wurde) die Gemischaufbereitung. Eine Verstellung im Flug um ggf. auf veränderte Luftdruck bzw. Luftzusammensetzung (Höhenkompensation) zu reagieren (leanen = Gemischverarmung wie sie bei konventionellen Flugmotoren üblich ist) ist mit dem BING 64/32 nicht möglich. Die Schwimmerkammer ist mittels eines Schlauch mit der Umgebungsluft verbunden (Schwimmerkammer-Belüftung).

Es gab Ansätze das Gemisch zu verarmen indem man den Luftdruck in der Schwimmerkammer beeinflusste. Das Gerät ist aber nicht mehr erhältlich (HACman mixture control). Nach dem neuesten Service Bulletin SB-912-079 sind solche Geräte zur Gemischverarmung nicht mehr zulässig.

Benzin in der angesaugten Luft ermöglicht erst eine Verbrennung (optimales Verhältnis = 14,7:1 - Flugmotoren werden aus Sicherheitsgründen ein wenig fetter betrieben). Das Luft-Benzin Verhältnis wird durch das ausgeklügelte Benzin-Düsen-systems des Vergasers und der Drosselklappenstellung erreicht. Eine genaue Messung des Gemischs (und damit auch eine optimale Einstellung) kann man durch den im Abgas enthaltenen Restsauerstoff und die Abgastemperatur (EGT) durchführen. Dazu wären Messeinrichtungen wie eine Abgastemperatursonde und eine Lambdasonde nötig, ein Feld für Experten. Messen ist das Eine aber das Andere ist das Bewerten der Ergebnisse - dies sprengt den Rahmen dieser Abhandlung.

### **Das Thema druckneutrale Umgebung**

Die Schwimmerkammer-Belüftung ist Grund für Diskussionen. Eine frühere ROTAX Dokumentation empfahl, wenn keine Airbox installiert ist, den Druck im Bereich des Lufteintritts des Vergasers abzunehmen (Lufteintritt - Motor in Betrieb - druckneutral?). Neuere Empfehlungen sprechen von druckneutraler Umgebung (geeigneten Platz im Moterraum finden - Umgebungsdruck). Mit verbauter Airbox sollen die Belüftungsschläuche an der Airbox angeschlossen werden (innerhalb der Airbox - laufender Motor - druckneutral?). Andere nehmen den Druck innerhalb des Luftfilters ab (druckneutral?). ROTAX und Andere warnen davor die Belüftung dem Fahrtwind auszusetzen, i.B. wenn dadurch Unterdruck erzeugt wird weil dadurch ein gefährliche Gemischverarmung erreicht wird.

Die ROTAX Empfehlung zur Schwimmerkammer-Belüftung scheint nicht konsistent zu sein. Der Druck in der Airbox ist geringer als an einem druckneutralen Ort und verändert sich je nach Drosselklappenstellung was bei einer druckneutralen



Umgebung nicht der Fall ist. Das Gemisch über alle Drehzahlbereiche müsste also bei Verwendung einer Airbox ärmer sein wenn alle anderen Bedingungen gleich geblieben sind.

Wenn Sie im Standlauf bei offener Motorverkleidung, und im Standlauf mit geschlossener Verkleidung und im Flug keine wesentlichen Unterschiede haben und der Leerlauf dabei stabil ist, dann haben Sie höchstwahrscheinlich einen passenden Ort (druckneutral) für das Schlauchende der Schwimmerkammer - Belüftung gefunden.

#### **Leerlaufgemisch und Zündkerzenfarbe:**

Der Beurteilung der Zündkerzenfärbung geht die Überlegung voraus, dass der Motor nicht bei Vollast abgestellt wird, sondern dass er durch Landung und Taxiing zwangsweise im Leerlauf betrieben und abgestellt wurde. Im Leerlauf nehmen die Kerzen relativ schnell Farbe an (werden dunkler) sodass man am Kerzenbild der beiden Zylinderreihen Rückschlüsse auf das Leerlauf-Gemisch ziehen kann.

Die Kerzen verrußen (dunkelbraun bis schwarz) zwischen den vorderen und hinteren Zylindern nicht gleich, sodass man nur die direkt gegenüberliegenden Zylindern (hintere Kerzen 3 und 4) - vergleichen kann.

Wird der Motor nach ausreichendem Leerlauf abgestellt und sind die Zündkerzen hellbraun bis dunkelbraun - auf keinen Fall aber zu hell, und das ähnlich auf beiden Zylindern (Zylinder 3 und 4), dann kann man Ähnlichkeit bei den Leerlauf-Gemischregulierungen unterstellen.

Es ist zwar umstritten den Kerzenbildern Aussagekraft beizumessen und Absolutwerten wie den Grad der Farbe ist immer mit Vorsicht zu begegnen. Jedoch sind Vergleiche schon Indikatoren, i.B. wenn Referenzen vorhanden sind.

Zündkerzen untereinander haben fertigungsbedingte Streuungen. Auch Zündkerzen mit anderem Elektrodenmaterial (Nickel oder Iridium), ansonsten aber lt. Hersteller austauschbar und mit demselben Wärmewert ausgezeichnet, zeigen kein gleiches Kerzenbild (Farbe). Wie kommt man zu Referenzkerzen? Denn ohne Referenzkerzen machen Farbvergleiche keinen Sinn.

Die vorgeschriebenen Zündkerzen bzw. die ihres Vertrauens verwenden. Die Kerzen werden nach einer gewissen Betriebszeit gewechselt (3 auf 4 oder 4 auf 3). „Wandern“ die Kerzenbilder mit den Zylindern dann kann man von gleichen Kerzen ausgehen. Das sind dann die Referenzkerzen mit denen man vor und nach dem Synchronisieren die Kerzenbilder (Leerlauf-Gemisch) beurteilen kann. Immer einen Drehmomentschlüssel verwenden weil sich bei mehrfach eingeschraubten Zündkerzen die Dichtungsringe stauchen.

Einige Experten raten dazu, das Leerlauf-Gemisch nach der Zündkerzenfarbe allein zu beurteilen und einzustellen, wie das in der Motorrad-Welt weit verbreitet ist.

#### **6. Weitere Anmerkungen zur Leerlauf-Einstellung**

Aus Sicherheitsgründen darf ein Flugmotor nicht durch das zurücknehmen von Gas (Leerlauf = Leistungshebel ganz zurück) abstellen. Deshalb ist die Leerlaufposition

der Drosselklappe sicher zu fixieren (minimal geöffnet). Eine angebrachte Spiralfeder möchte die Drosselklappe aus vorgenannten Sicherheitsgründen sogar öffnen. Beim Reißen des Bowdenzuges geht der entsprechende Vergaser somit auf Vollgas, ganz im Gegensatz zu einem Motorrad.

Bei einem Festpropeller ist eine erhöhte Leerlaufdrehzahl nicht unerheblich. Auch im Leerlauf liefert ein Festpropeller etwas Schub. Auf einer Graspiste beim Landen und Taxiing wirkt sich das nicht wesentlich aus. Jedoch ist beim Landen und Taxiing auf Asphaltpisten der Bremsweg deutlich verlängert. Fällt dann die Bremse aus kommt im Leerlauf das Flugzeug nicht zum stehen, egal wie lang die Bahn noch ist.

Neben der Sicherheit des nicht absterbenden Motors gilt es auch einen vibrationsarmen Lauf zu gewährleisten. Deshalb müssen die Vergaser gegeneinander so abgestimmt werden, dass auf beiden Seiten sowohl im Leerlauf (1600 bis 1800 U/min) als auch im Teillastbereich (ab ca. 2500 U/min bis Vollast) gleiche Füllung der Zylinder (was Luft und aber auch Benzin betrifft) vorhanden ist.

Eine zu magere Einstellung ist auf jeden Fall zu vermeiden. I.B. wenn Plätze angefliegen werden die deutlich tiefer liegen. Dann wäre das Gemisch i.B. im Leerlauf zu mager was zu deutlicher Vibration und in Folge der Motorüberhitzung zu Motorschäden führen kann.

## 7. Vibrationsarmer Motorlauf

Allein durch die Verbrennung in den Zylindern stellen sich geringe Vibrationen ein. Durch die impulsartigen Verbrennungen in den Zylindern (1-4-2-3), die nacheinander erfolgen, und die Konstruktionsart des Motors, lassen sich Vibrationen somit nicht ganz vermeiden, auch dann nicht wenn die bewegenden Teile ausgewuchtet sind. Wesentliche Faktoren für einen soweit wie möglichen runden Motorlauf sind neben dem Motor selbst (u.A. Vergaser, Ansaugkrümmer, Abgasanlage, Zündzeitpunkt, Kompression, Benzin-Luftgemisch) auch die elektronische Zündanlage (Zündbox - Zündzeitpunkt, Zündenergie) selbst, das Zündgeschirr und die Zündkerzen. Diese werden aber hier nicht behandelt.

Selbstredend, dass noch weitere Einflussgrößen in Frage kommen wie z. B. Propeller, Motoraufhängung, Getriebe, Unwuchten von Anbauteilen, Vergaservereisung, Verschmutzung des Vergasers, i.B. bei den Düsen, verschmutztes/kontaminiertes Benzin, Vergaser-Eigenschwingungen, Falschluff durch Risse in Schläuchen / Membranen usw. All diese Ursachen sind nicht Gegenstand dieser Anleitung.

Im Rahmen dieser Abhandlung soll durch das Synchronisieren der Vergaseranlage runder Motorlauf und Vibrationsarmut erreicht werden. Vibrationsarmer Motorlauf ist grundsätzlich anzustreben weil sonst zahlreiche Defekte an Motor, Zelle und Avionik auftreten. **Absolute Vibrationsfreiheit ist jedoch bei einem Verbrennungsmotor, trotz aller Bemühungen, nicht zu erreichen.**

## 8. Vergasersynchronisierung - Vorbereitungen

Lesen Sie zunächst das gesamte Handbuch, bevor Sie mit der Synchronisierung beginnen. Möglicherweise müssen einige Vorbereitungen getroffen werden, z. B.: Einschrauben der Schlauchtüllen in die Ansaugkrümmer, Einbau eines Ventils in die

"Vergaserbrücke", Bereitstellen eines extralangen 6-mm-Schlüssels zum Einstellen der Gemisch-Regulierschraube, einen Drehmomentschlüssel oder es müssen zunächst bestehende Fehler behoben werden.

## 8.0. Motorverkleidung entfernen

Welche Motorverkleidung abzunehmen ist hängt vom Flugzeugtyp ab. Diese weit weg stellen und sicher deponieren. Beim Arbeiten und durch den Propellerstrahl darf keine Gefahr durch eine rumstehende Motorverkleidung entstehen.

**Weiter mit 8.1.**

## 8.1. Choke Seilzüge kontrollieren

Der Choke darf nicht geöffnet sein (auch nicht minimal).

Beide Choke-Seilzüge müssen leicht locker sein und der Choke-Hebel durch dessen Spiralfeder auf Anschlag. Gleiche Seilzugspannung (Spannung ist zuviel gesagt, eher gleiche Lockerheit) auf beiden Seiten.

Sollte eine oder beide Seiten nicht komplett geschlossen sein, kann das allein schon die Ursache für hohen Benzinverbrauch, verrußte Kerzen und unrunden Motorlauf sein. Sollte hier nachzustellen sein, dann diese Seilzüge instandsetzen/einstellen. Motor in Betrieb nehmen um anschließend die Zündkerzenfarbe prüfen zu können.

Wenn der Choke absolut geschlossen ist **weiter mit 8.2.**

## 8.2. Bestehende Leerlauf-Gemischeinstellung prüfen

Voraussetzung für die nachfolgenden Schritte ist vorerst eine akzeptable Übereinstimmung des Leerlauf-Gemisches beider Vergaser. Das kann man in der ersten Näherung an den Zündkerzen feststellen.

Die ROTAX-Anweisung verlegt die Kontrolle und Einstellung des Leerlauf-Gemisches an das Ende der Synchronisierung (siehe auch 8.20) wobei aber davon ausgegangen wird, dass die Grundeinstellung der Schrauben (1,5 U herausgedreht) vorliegt. Wie weiter unten begründet ist, werden vom Verfasser jedoch 2 Umdrehungen empfohlen.

Für die Kontrolle der Zündkerzen (Zyl. 3 und 4) sind diese bei kaltem Motor heraus zu schrauben, zu beurteilen und mit passendem Drehmoment (je nach Anweisung/Zündkerzen mit z.B. 16 bzw. 20 N/m) wieder einschrauben.

Bei ähnlicher Zündkerzenfärbung **weiter mit 8.3.** Wenn die Farben deutlich ungleich sind dann **weiter mit 8.5.**

## 8.3. Werkzeug und Synchrontester bereit legen

Benötigte Werkzeuge und Synchrontester so bereit legen, dass sie gleich verfügbar sind jedoch in keiner Weise dadurch eine Gefahr bilden, i.B. beim laufenden Motor. Also keine Werkzeuge irgendwie im Motorraum oder gar auf den Motor deponieren.

Die Messuhren sollten vorher auf Gleichheit überprüft worden sein (bei Verwendung eines elektronischen Geräts ist dies möglicherweise nicht erforderlich). Dazu mit einem Y-Stück die Messschläuche verbinden und durch Saugen feststellen, inwieweit die Messuhren voneinander abweichen. Messdifferenzen merken und bei folgender Messung berücksichtigen, besser - wenn möglich - die Messuhren auf Gleichheit kalibrieren.

Ist man sich bei den späteren Messungen doch nicht sicher ob beide Messuhren gleich sind, so können während der Messung die Schläuche getauscht werden. Gäbe es ungleiche Messuhren dann würde das dadurch ersichtlich. Die markierten Schläuche wieder richtig draufstecken (siehe 8.10.)

#### **Weiter mit 8.4.**

#### **8.4. Flugzeug sicher fixieren, Motor warm laufen lassen**

Das Flugzeug fixieren. Nicht auf die Bremsen allein verlassen, mit dem unmöglichen Fall rechnen dass niemand im Cockpit sitzt und der Motor auf Hochtouren kommen könnte. Motor warmlaufen lassen. Die Öltemperatur sollte mind. 50°C betragen, Motor abstellen, nachfolgende Schritte zügig durchführen um den Motor nicht zu sehr abkühlen zu lassen.

In späterer Folge wird der Vergaser-Seilzug „deaktiviert“ (siehe 8.7.). Der Motorstart kann also nicht mit dem Gashebel beeinflusst werden. Ist der Motor zu heiß etwas warten, bei warmen Motor sollte ein Start möglich sein.

#### **Weiter mit 8.5.**

#### **8.5. Leerlauf-Gemisch prüfen und nur wenn nötig einstellen**

**Achtung:** Die Leerlauf-Gemischregulierschrauben nur verändern, wenn es deutliche Unterschiede gibt. Ansonsten wurden ja vorher die oberen Zündkerzen rechts und links (3 und 4) auf gleichmäßige Färbung - hell bis dunkelbraun - nicht schwarz - kontrolliert (siehe 8.1). Bei gleichmäßiger (ähnlicher) Färbung nicht an den Leerlauf-Gemischregulierschrauben drehen - es passt vorerst mal so. **Weiter mit 8.6.**

Wenn es moderate Abweichungen der rechten und linken Zylinderseite gibt :  
Auf der Seite der dunkleren Zündkerze Die Leerlauf-Gemischregulierschraube um 1/6 bis 1/12 U hineindrehen (Gemisch verarmen) auf dessen Seite die Kerze zu dunkel war bzw. umgekehrt wenn man zu helle Kerzen hat. Motor in Betrieb nehmen und nach einer entsprechenden Betriebszeit danach erneut die Kerzenfarben prüfen. Justierung sooft wiederholen bis die Kerzenfarben einigermaßen gleich sind. Dann **zurück zu 8.1.**

Wenn es deutliche Abweichungen zwischen den beiden Zylinderseiten (Kerzenfarben) gibt oder beide Kerzenfarben zu hell oder zu dunkel sind und man der Meinung ist, dass man mit ein-bis zweimaligem „Empirischen Fein-Synchronisieren“ nicht weiterkommt so ist eine Grundeinstellung der Leerlauf-Gemischregulierschrauben notwendig:

Zur Grundstellung: Leerlauf-Gemischregulierschrauben erst eindrehen (nur moderat bis Anschlag) und dann herausdrehen (Empfehlung 2 Umdrehungen).

**Hinweis:** Wird das Leerlaufgemisch Anfangs zu mager eingestellt, ist das Justieren der Drosselklappe nahezu unmöglich. Die Drehzahl kann nicht auf die gewünschten 1700 U/min herunter geregelt werden. Wird im Leerlauf zu sehr verarmt, kann nach dem Motorstart und nachlassen des Choke der Motor absterben. Die von ROTAX empfohlenen 1,5 Umdrehungen sind bei einem rel. neuen Vergaser manchmal zu wenig. Selbst 1,75 Umdrehungen könnten noch zu wenig sein. Es ist einfacher von der fetten Seite (2 Umdrehungen) das Leerlaufgemisch zu justieren. Nach der Grundeinstellung der Leerlauf-Gemischregulierschrauben Motor in Betrieb nehmen und **zurück zu 8.1.**

Das „Fein-Synchronisieren“ des Leerlauf-Gemischs wird erst vorgenommen wenn die Drosselklappen und die Seilzüge richtig eingestellt sind. Fein-

Synchronisieren ist lt. Rotax das Einstellen des Leerlauf-Gemischs nach der Drehzahl. Siehe dazu 8.20.

### **8.6. Leerlauf-Anschlagschrauben kontrollieren**

Durch das anschlagen der Hebel an die Anschlagschrauben wird verhindert, dass die Drosselklappe vollständig schließt. Werden die Vergaser eines im Betrieb befindlichen Motors nur synchronisiert kann man davon ausgehen, dass diese einigermaßen passen und beim Synchronisieren nur feinjustiert werden müssen. Wenn die Drosselklappen also augenscheinlich passen, dann **weiter mit 8.7.**

#### **Nur wenn Zweifel an der Position der Drosselklappe bestehen:**

Einstellung der Drosselklappe: Gashebel auf Leerlauf und Seilzüge locker - siehe 8.6; Spiralfeder der Drosselklappe aushängen - siehe 8.8. Leerlauf-Anschlagschraube zunächst herausdrehen ccw sodass die Drosselklappe komplett geschlossen werden kann. Dann Klappe geschlossen halten oder besser die Spiralfeder so umhängen dass diese die Drosselklappe schließt., Schreibmaschinenpapier (80g/m<sup>2</sup> = 0,09mm) zwischen Drosselklappen-Anschlag und Drosselklappen-Anschlagschraube legen und dann die Anschlagschraube so weit zudrehen, dass diese am Papier anliegt, das Papier aber noch ohne zu zerreißen herausgezogen werden kann (ROTAX empfiehlt eine 0,1mm Fühlerlehre). Dann die Drosselklappen-Anschlagschraube 1,5 U hineindrehen - die Drosselklappe ist somit minimal geöffnet und in ihrer Leerlauf-Grundstellung. Ist nur die Grundstellung der Drosselklappe einzustellen dann Spiralfeder und Seilzüge wieder fixieren. Wird weiter synchronisiert dann gelockerte Seilzüge und umgehängte Spiralfeder so belassen und **weiter mit 8.9.**

### **8.7. Gashebel auf Leerlauf und Seilzüge lockern**

Die Seilzüge dürfen für den nächsten Schritt keinen Einfluss mehr auf die Drosselklappen-Einstellung - i.B. auf die Leerlaufstellung haben. Deshalb werden sie gelockert (Muttern etwas lösen) falls dies nicht schon im Schritt 8.6 erfolgte. **Weiter mit 8.8.**

### **8.8. Die Drosselklappe wird auf Leerlauf gestellt**

Da die Seilzüge gelockert wurden, können diese die Drosselklappen bei Gashebelstellung Leerlauf nicht mehr schließen (an die Drosselklappen-Anschlagschraube drücken). Deshalb wird die Spiralfeder der Drosselklappe, die die Drosselklappe im „Normalzustand“ öffnet, wenn der Seilzug reißt, so umgehängt, dass die Spiralfeder die Drosselklappe schließt. Dazu eine entsprechend andere Einhängemöglichkeit der Feder am Vergaser finden bzw. bereits vorher vorbereitet haben. **Weiter mit 8.9.**

### **8.9. Die Vergaserbrücke (Ausgleichsrohr) schließen.**

Die Ansaugrohre beider Vergaser sind mit einer „Brücke“ verbunden . Durch diese Schlauch-Rohr-Konstruktion können sich Druckunterschiede in den Ansaugrohren ausgleichen. Diese Brücke muss geschlossen werden um bei den Messungen die Vergaser einzeln, also unabhängig voneinander, beurteilen zu können. Die Vergaserbrücke hat im Mittelteil ein Alurohr und an den Enden rel. kurze, feste [Resonator]schläuche. Das Abziehen der Vergaserbrücke (an den Schläuchen) ist eine Tortur (frühere ROTAX-Empfehlung) und das Abklemmen eines Schlauchs mittels einer Schlauchklemmzange (neuere ROTAX-Empfehlung) ist nahezu unmöglich weil die Schläuche rel. kurz, dickwandig und steif sind (textilverstärkt).

Es empfiehlt sich bereits vor der Vergasersynchronisierung die Vergaserbrücke so umzubauen, dass darin dauerhaft ein Absperrventil eingebaut wird. Der Autor hat dazu das Alurohr an einem Ende etwas gekürzt und zwischen einem Resonatorschlauch und einem zusätzlichen Schlauchstück das Absperrventil gesetzt. Damit kann man nach Notwendigkeit die Vergaserbrücke öffnen und schließen ohne sie zu lösen zu müssen oder Schläuche abklemmen zu müssen. Dieses kleine Kraftstoff-Absperrventil verbleibt dann in der Vergaserbrücke. Die ROTAX-Empfehlungen einen Schlauch mit einer Schlauchklemmzange abzuklemmen ist nicht sinnvoll weil dadurch entweder der steife Schlauch zu sehr gequetscht wird oder das Schließen nicht vollständig erfolgen kann.

Nach erfolgtem Schließen/Trennen der Vergaserbrücke **weiter mit 8.10.**

#### **8.10. Synchrontester an die Ansaugkrümmer anschließen.**

Es empfiehlt sich bereits vor der Vergasersynchronisierung Schlauchtüllen in die vorgesehenen M6 Gewinde des Ansaugkrümmers (bei neueren Ansaugkrümmern findet man diese gleich neben den Anschlüssen für die Vergaserbrücke [Ausgleichsrohr]) zu schrauben. Diese Schlauchtüllen können permanent auf den Krümmern verbleiben.

Im Normalbetrieb müssen diese Schlauchtüllen unbedingt verschlossen sein damit keine Falschlufte in den Ansaugkrümmer gelangen kann. Kleine Madenschrauben in die Schlauchtüllenbohrung geschraubt und eine übergestülpte Kappe sichert doppelt die Dichtigkeit im Normalbetrieb. **Hat man solche Madenschrauben eingeschraubt, sind diese vorher zu entfernen sodass der Unterdruck überhaupt erst abgenommen werden kann.**

An den Schlauchtüllen die Schläuche der Messuhren (Synchrontester) stecken und diese so verlegen, dass die Messuhren bei laufendem Motor im Cockpit abgelesen werden können - vorteilhaft i.B. dann, wenn allein gearbeitet wird. Es erhöht aber auch die Sicherheit weil Niemand in der Nähe des laufenden Motors die Messuhren ablesen muss. Die dem Synchrontester beigelegten Schläuche sind dafür zu kurz, Längere besorgen. Die Schläuche so markieren, dass eindeutig erkannt werden kann, welchem Vergaser welche Messuhr zugeordnet ist. **Weiter mit 8.11.**

#### **8.11. Die Drosseln an den Unterdruckuhren werden leicht zuge dreht**

Die Drosseln der Unterdruckuhren bestehen aus einer einfachen Gummidichtung die durch eine Rändelschraube gequetscht werden. Bleiben die Dichtungen permanent gequetscht verformen sie sich dauerhaft und werden als Drossel unbrauchbar. Deshalb werden sie nach dem Gebrauch entspannt/geöffnet. Bleibt die Drosseldichtung beim Motorstart entspannt kann die empfindliche Messuhr beschädigt weil der Zeiger heftig hin- und herschlagen\*. Vor dem Motorstart werden also die Drosseln leicht zuge dreht.

\*Das hin- und herschlagen des Zeigers wird vom pulsierenden Ansaugdruck erzeugt. Das Ansaugen ist kein gleichmäßiger Luftstrom sondern pulsiert heftig weil die Kolben bei einem 4-Takter nur bei jedem 4. Takt ansaugen.

Obwohl pro Vergaser / Ansaugkrümmer 2 Zylinder bedient werden, welche abwechselnd ansaugen, ist das Pulsieren immer noch sehr heftig, sodass ohne Drosseln die empfindlichen Messuhren beschädigt werden können.

Nach den Zudrehen der Messuhr-Drosseln **weiter mit 8.12.**

#### **8.12. Motor starten, Drosseln der Unterdruckuhren leicht öffnen.**

Nach dem Motorstart und bei zugeordneten Drosseln zeigen die Messuhren nichts an bzw. sie bleiben starr stehen, je mehr man nun die Drosseln leicht öffnet wird das zittern der Anzeigenadeln heftiger. Die Drosseln soweit öffnen bis ein mäßiges Zittern (ca.  $\pm 0,02$  bar) der Anzeigenadeln vorhanden ist. Als Messwert wird der Mittelwert der zitternden Zeiger genommen. Nach dem justieren der Drosseln **weiter mit 8.13.**

#### **8.13. Die Unterdrücke beider Uhren gegeneinander vergleichen**

Kurz notieren auf welcher Seite welcher Unterdruck angezeigt wird und wie hoch dabei die Drehzahl ist.

Nach jeder Veränderung Motor wieder neu starten. Das Vergleichen - Motor abstellen - Änderung vornehmen - wieder einsteigen - Motor starten solange wiederholen bis die gewünschten Werte nach 8.14 erreicht wurden.

Motor abstellen und **weiter mit 8.14.**

#### **8.14. Das Einstellen der Drosselklappen-Anschlagschrauben**

Das Einstellen wird lt. nachfolgendem Prinzip durchgeführt:  
Zunächst soll eine Motordrehzahl von ca. 1600-1700 U im Leerlauf erreicht werden:

Ist die Drehzahl zu niedrig so wird die Drosselklappe auf der Seite etwas geöffnet bei der der Unterdruck größer ist (Anschlagschraube hineindrehen = cw). Großer Unterdruck bedeutet, dass die Drosselklappe zu weit schließt und zu wenig Luft in die entsprechenden Zylinder gelangen, das reduziert die Drehzahl.

Ist die Drehzahl zu hoch gilt das Gegenteil, d.h. zunächst auf der Seite auf der weniger Unterdruck ist die Drosselklappe etwas schließen (durch herausdrehen der Drosselklappen-Anschlagschraube).

Dieser Vorgang des wechselseitigen Einstellen der Drosselklappen links und rechts muss in der Regel mehrfach erfolgen bis sich die gewünschte Drehzahl und Gleichheit der Unterdrücke einstellt.

Es sollte sich bei Erreichen von 1600 - 1800 U/min beidseits ein Druck von ca. 0,4 bis 0,50 bar (weniger als 1 bar = Unterdruck). Die Unterschiede zwischen den Vergasern sollten  $\pm 0,01$ , jedoch nicht mehr als  $\pm 0,02$  betragen.

Der Leerlauf (Drehzahl und Laufruhe) wird sehr von der Leerlaufgemisch-Regulierschraube beeinflusst. Dabei ist es ohne tiefer gehendes Wissen und der nötigen technischen Ausrüstung nicht möglich Beides (Drosselklappen-Leerlaufanschlag und Leerlaufgemisch-Regulierschraube) gleichzeitig einzustellen weil sich Beide gegenseitig beeinflussen. Deshalb vorher die Leerlauf-Gemischregulierschraube lt. 8.5. einstellen bzw. eingestellt lassen und diese bei der laufenden Drosselklappen-Einstellung nicht verändern.

Unterdruck rechts höher als links	+ Leerlauf zu hoch	dann linken Vergaser schließen = Verstellschraube ccw = raus schrauben
Unterdruck links höher als rechts	+ Leerlauf zu hoch	dann rechten Vergaser schließen = Verstellschraube ccw = raus schrauben
Unterdruck rechts höher als links	+ Leerlauf zu niedrig	dann rechten Vergaser öffnen = Verstellschraube cw = rein schrauben
Unterdruck links höher als rechts	+ Leerlauf zu niedrig	dann linken Vergaser öffnen = Verstellschraube cw = rein schrauben

Nach jeder Veränderung Motor wieder neu starten. Das Vergleichen - Motor abstellen - Änderung vornehmen - wieder einsteigen - Motor starten solange wiederholen bis die gewünschten Werte nach 8.14 erreicht wurden.

Nach erfolgreichem Einstellen (Unterdrücke sind in beiden Ansaugrohren gleich und die Drehzahl liegt bei ca. 1600 bis 1700 U/min **weiter mit 8.15.**

### 8.15. Laufruhe mit offener Vergaserbrücke prüfen

Nach erreichter Leerlaufdrehzahl Motor abstellen (wenn Alleine gearbeitet wird dann immer Motor aus, verstellen und wieder Motor an - wird zu zweit gearbeitet dann kann das stoppen des Motors, unter Berücksichtigung der Gefahr des laufenden Propellers, entfallen) und Vergaserbrücke öffnen. Motor mit geöffneter Vergaserbrücke starten (laufen lassen) und die Laufruhe beobachten. Im Idealfall gibt es keine oder nur eine unwesentliche Veränderung der Drehzahl (bis max. ca. 50 U/min). Man kann daraus schließen, dass beide Vergaser im Leerlauf die gleiche Einstellung der Leerlauf-Gemischregulierschraube haben. Das ist schon mal gut. Waren die Kerzen vor der Synchronisierung auf beiden Seiten ähnlich und nicht zu sehr verrußt (schwarz) aber auch nicht total freigebrannt (sehr hell), dann besteht keine Notwendigkeit an den Leerlauf-Gemischregulierschrauben etwas einzustellen (siehe auch 8.2. und 8.5.).

Wird die Laufruhe bei geöffneter Vergaserbrücke deutlich besser (eine Verschlechterung ist unwahrscheinlich) dann findet ein Ausgleich zwischen den beiden Vergasern statt. Da vorher die Luftmenge (Drosselklappenstellung = Unterdruck) aber identisch war, kann nur noch das Leerlauf-Gemisch, gesteuert durch die Leerlauf-Gemischregulierschraube den Unterschied machen. Man weiß dann aber noch nicht auf welcher Seite des Vergasers an der Leerlauf-Gemischregulierschraube was zu verstellen ist.

Unabhängig vom Ergebnis der Vergaser-Brückenöffnung **weiter mit 8.16.**

### 8.16. Entscheidung Leerlauf-Gemischregulierung

Bei einer geringen Verbesserung oder einer unveränderten Laufruhe, nach der Öffnung der Vergaserbrücke, wird die Synchronisierung mit der Einstellung der Seilzüge abgeschlossen. **Weiter mit 8.17.**

Nur bei einer deutlichen Laufruheverbesserung nach öffnen der Brücke (= Ungleichheiten zwischen den Ansaugkrümmern) bleibt nichts anderes übrig als sich später das Leerlauf-Gemisch nochmal anzusehen (Zündkerzenbild und



falls möglich Leerlauf-Gemischregulierschraube mittels Drehzahloptimierung).  
**Weiter mit 8.17.**

### 8.17. Seilzüge synchronisieren

Wir betrachten die Einstellung der Drosselklappen-Stopstellung im Leerlauf nun (Drosselklappen-Anschlagschraube) als abgeschlossen. Deshalb Motor abstellen und die Drosselklappen-Spiralfeder wieder so umhängen, dass diese bei abgerissenem Seilzug die Drosselklappe öffnen würde. Der Gashebel wird auf Leerlauf gezogen und schlägt dabei am Gashebelanschlag (im Cockpit) an. Die zuvor gelockerten Seilzüge soweit einstellen und kontern (fixieren), dass diese gerade nicht die Drosselklappe öffnen. Motor starten. Jetzt kann wieder mit dem Gashebel die Drosselklappe gesteuert werden. **Weiter mit 8.18.**

**Anmerkung zu den Seilzügen und deren Anschlagpositionen:** Beide Anschläge, also der an der Drosselklappe und der am Gashebel im Cockpit müssen nach erfolgter Drosselklappen-Synchronisierung bei Leerlauf gleichzeitig auf Anschlag gehen, was eine sorgfältige Einstellung bedingt.

Der Gashebel im Cockpit darf nicht zuerst anschlagen weil dadurch die Drosselklappe noch nicht an der Drosselklappen-Anschlagschraube anschlägt und somit nicht die ermittelte Leerlaufposition der Drosselklappe erreicht wird.

Schlägt der Seilzug und damit die Drosselklappe zuerst an die Drosselklappen-Anschlagschraube an, wird der Seilzug überdrückt und die Mechanik der Anlenkung kann sich verbiegen. Dies muss auf beiden Seiten, also Vergaser rechts und links parallel erfolgen, ansonsten wäre eine vorher erreichte perfekte Synchronisierung des Leerlaufs hinfällig.

### 8.18. Motor mit wieder funktionierenden Seilzügen testen

Sind die Seilzüge fixiert, dann Motor starten. Leerlauf, Laufruhe und vor allem die Unterdruckuhren des Synchrontesters beobachten. Im Idealfall gibt es in der Gashebel Leerlaufstellung keine Veränderung zu den vorher eingestellten Werten. Auch beim vorsichtigen Gasgeben wandern die Unterdruckuhren gleich in Richtung geringeren Unterdrucks.

Da wir die Drosselklappen gegen einen Anschlag eingestellt haben, dürfte sich die Drehzahl nach der Einstellung der Seilzüge nicht verringern. Bei Erhöhung der Drehzahl zieht der entsprechende Seilzug etwas an und öffnet vor dem anderen Vergaser die Drosselklappe. Das gilt es am entsprechenden Seilzug nachzujustieren bis die zuvor eingestellte Drehzahl und Unterdrücke wieder hergestellt sind. Der Drosselklappen-Anschlag bleibt unverändert.

Nachdem Drehzahl und gleichmäßige Unterdruckverhalten der Vergaser sowohl im Leerlauf als auch bei Teillast (ca. 2500 U/min) nach dem Fixieren der Seilzüge erreicht wurde (zumindest so gut wie vor dem fixieren der Seilzüge)  
**weiter mit 8.19.**

### 8.19. Entfernen der Unterdruckuhren

Sind die Seilzüge fest justiert und der Motorlauf zufriedenstellend bzw. nach vorliegendem Verfahren nicht weiter verbesserbar dann Motor aus, die Unterdruckschläuche von den Schlauchtüllen abziehen, **Die Drosseln der Unterdruckuhren wieder entlasten und die Schlauchtüllen wieder verschließen.** Alle Werkzeuge wieder an ihren Platz, alles auf- und weggeräumt. Motorverkleidung anbringen und letzter Motorstart. **Weiter mit 8.20.**

Im Idealfall wird nach dem anbringen der Motorverkleidung der Motorstart und der Leerlauf unverändert bleiben. Sollten sich jedoch durch die geänderten Luftverhältnisse innerhalb des jetzt geschlossenen Motorraums Änderungen ergeben, könnte es mit der Schwimmerkammer-Belüftung zusammen hängen. Das Schlauchende (Empfehlung mit Y Stück Entlüftungsschläuche zu Einem zusammenführen) befindet sich dann nicht an einem druckneutralen Ort. Siehe dazu auch 5. „Das Thema druckneutrale Umgebung“. Durch Versuche muss man dann einen geeigneten Platz für das Schlauchende finden und dann beginnt man mit dem Synchronisieren von vorn. Sollte eine Airbox vorhanden sein, so sind dort Anschlüsse für die Schwimmerkammer-Belüftung vorhanden und das Problem dürfte nicht auftreten.

## 8.20. Fliegen, Zündkerzencheck und Leerlauf-Gemisch

Stimmt Leerlaufdrehzahl und Laufruhe war die Aktion erfolgreich. Für diejenigen die an der Zündkerzenfarbe interessiert sind werden diese nach dem Flug erneut auf ihre Farbe hin prüfen. Es genügen die oberen hinteren Zündkerzen 3 und 4, die Kerzenbilder vergleichen.

Die hinteren Kerzen 3 und 4 sollten heller sein als die vorderen (1 und 2). Die Kerzen 3 und 4 sollten nach einer Leerlauf-Phase, wie z.B. bei einem langen Landeanflug, Hellbraun bis Dunkelbraun sollten sein. Möglicherweise sind die vorderen 1 und 2 dunkelbraun bis schwarz/etwas verrußt.

Sind 3 und 4 zu dunkel bis verrußt, deutet das auf eine zu fette Leerlauf-Gemischeinstellung hin. Sehr helle Kerzen deuten auf eine zu magere (gefährlich) Leerlauf-Gemischeinstellung hin.

Wenn jetzt entsprechend dem Kerzenbild nachjustiert werden muss, **gehe zu 8.5** und starte eine erneute Vergaser-Synchronisierung.

Will man die Justierung des Leerlauf-Gemischs professioneller angehen dann **geht man der nachfolgenden ROTAX-Empfehlung nach**. Hier wird die Justierung mittels Drehzahloptimierung vorgestellt. Erfahrene Mechaniker nutzen dazu zusätzlich einen elektronischen Drehzahlmesser (der ROTAX Drehzahlmesser ist nicht genau genug).

Während der Motor im Leerlauf ist (bei offener Brücke = Ausgleichsrohr) werden die Leerlauf-Gemischregulierschrauben so eingestellt dass die Drehzahl nur mit dieser Schraube allein auf den höchstmöglichen Stand gebracht wird. Die Stellung wird durch kleinste feinfühligere Drehungen in ggf. beiden Richtungen unter Beobachtung der Drehzahl gefunden.

D. h. beim weiter- oder zurückdrehen der Schraube würde die Drehzahl wieder abnehmen. Kommt man von der fetten Seite (vorher 2 U herausgeschraubt) dann wird man höchstwahrscheinlich nur mit hineindrehen erfolgreich sein. Erst eine Vergaserseite, dann die Andere.

Möglicherweise hat sich die vorher angepeilte Drehzahl von 1700 U/min erhöht und man müsste diese reduzieren (ca. 50 U/min mehr können ignoriert werden). Diese Methode kann man nur an einem laufenden Motor durchführen. Die Leerlauf-Gemischregulierschrauben sind schwer zugänglich, es empfiehlt sich ein extralanger 6mm Schraubenschlüssel.

Ergänzend zur vorgenannten ROTAX-Empfehlung sind einige Experten der

Meinung, dass die so erreichte Einstellung etwas zu fett wäre und deshalb müsste man anschließend auf beiden Seiten abwechselnd die Schrauben um je 1/12 Umdrehung so weit hineindrehen (magerer stellen) bis die Drehzahl um ca. 20 U/min sinkt. Dazu wäre auf jeden Fall ein elektronischer Drehzahlmesser nötig.

## **9. Vergaser-Synchronisierung - Fazit**

Die Vergaser-Synchronisierung ermöglicht gleiche Zylinderfüllungen im Leerlauf. Für die Benzinmenge im Leerlauf ist nicht das Düsensystem mit seiner Düsennadel verantwortlich sondern die Leerlauf-Gemischeinstellung (Leerlaufdüse mit ihrer Leerlauf-Gemischregulierschraube). Vor Beginn der Synchronisierung sollte diese halbwegs passen. Ebenso sollte die Schwimmerkammer-Belüftung so verlegt sein das in den Kammern druckneutraler Umgebungsdruck während der Synchronisierung und beim Fliegen herrscht.

Nach der Synchronisierung kann mehrfach die Farbe der Zündkerzen und damit das Leerlauf-Gemisch geprüft und geringfügig nachjustiert werden. Wer die Möglichkeit hat, kann die Optimierung des Leerlauf-Gemischs auch mit einem elektronischen Drehzahlmesser durchführen. Wenn sich durch die Justierung des Leerlauf-Gemischs die Leerlaufdrehzahl zu sehr erhöht hat, muss eine neue Vergaser-Synchronisierung (Drosselklappen und Seilzüge) durchgeführt werden.

Kommen die Einstellungen schon nach wenigen Flugstunden aus dem Gleichgewicht, dann sind es vielfach auch nur die Seilzüge die neu justiert werden müssen, dabei brauchen die Drosselklappen-Anschlagschrauben und die Leerlauf-Gemischregulierschrauben nicht verändert werden.